محیط زیست طبیعی، منابع طبیعی ایران، دوره۷۴، شماره۱، بهار ۱۴۰۰
صفحات ۱۲۵ تا ۱۳۷

مدل سازی انتشار و شدت آلودگی صوتی منابع شهری و صنعتی خارک و تاثیر آن بر حضور و پراکنش فون شاخص پناهگاه حیات وحش خارک

حمیده کشتکار[۱]؛ سید مهدی امینی نسب[۲]*؛ حسین مددی[۳] و رسول زمانی احمد محمودی[۴]

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد محیط زیست، دانشگاه صنعتی خاتم الانبیاء (ص) بهبهان

۲- استادیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

۳- استادیار گروه محیط زیست، دانشگاه صنعتی خاتم الانبیاء (ص) بهبهان

۴- دانشیار گروه محیط زیست، دانشگاه شهرکرد

(تاریخ دریافت۹۹/۰۳/۱۳-تاریخ پذیرش۹۹/۰۷/۰۱)

چکیده:

امروزه آلودگی صوتی به عنوان یکی از آلودگی‌های مهم محیط‌زیست شهری و صنعتی محسوب می شود که فرآیندهای اکولوژیکی محیط زیست و خدمات اکوسیستم ها، سلامت جسمی و روانی انسان ها و جمعیت های حیات وحش را با اختلال مواجه می‌سازد. در این تحقیق با هدف بررسی نحوه پراکنش آلودگی صوتی در هوا و تعیین شدت تراز صوت در زیستگاه های خشکی فون شاخص پناهگاه حیات وحش خارک از مدل SPreAD-GIS استفاده شد. گونه های حیات وحش آهو *Gazella subgutturosa*، پرستوهای دریائی تیره *Chlidonias hybridus*، پرستوهای دریائی پشت دودی *Onychoprion anaethetus*، لاک پشت های دریائی منقار عقابی *Eretmochelys imbricate* و لاک پشت های دریائی سبز *Chelonia mydas* به عنوان فون شاخص برای مطالعه انتخاب شدند. نتایج نشان داد که تراز شدت صوت ناشی از منابع آلوده کننده صوتی در منطقه تاثیر منفی معنی داری بر حضور و پراکنش گونه های مورد مطالعه نداشته است. به عبارتی، گونه های مورد مطالعه با صوت ناشی از منابع آلودگی در اطراف و مجاورت منابع آلودگی صوتی که شرایط امنیتی و حفاظتی مطلوبی فراهم نموده سازگاری پیدا کرده اند.

کلید واژگان: آلودگی صوتی، حیات وحش، خارک، SPreAD-GIS ، زیستگاه ساحلی

* نویسنده مسئول ؛ تلفن: ۰۹۱۱۳۲۶۱۵۶۵ ایمیل: smamininasab@yahoo.com

۱. مقدمه

امروزه آلودگی صوتی یکی از انواع آلودگی های مهم محیط زیست شهری و صنعتی محسوب می شود. شناسائی منابع آلاینده صوتی و تراز شدت آن می تواند اطلاعات مفیدی در ارتباط با پیامدهای اکولوژیک آلودگی صوتی بر پویایی جمعیت موجودات زنده ارایه دهد (Keyel *et al.*, 2017). سیستم های حمل و نقل یکی از فراگیر ترین منابع آلودگی صدا (Negahdari *et al.*, 2018) در کنار سایر منابع صوتی مانند صنایع ممکن است تاثیراتی بر حیات وحش پیرامونی منطقه داشته باشند (Ilkhani *et al.*, 2017). ویژگی های صدا و الگوی فضایی صوت با توجه به منابع مختلف متفاوت است که در شناسایی تاثیر صوت بر روی گونه های حیات وحش مهم است. یک منبع نقطه ای مانند دکل حفاری در مقایسه با یک منبع خطی مانند بزرگراه بر وسعت کمتری از منطقه تاثیر می گذارد. الگوی زمانی توزیع صوت هم بر پراکندگی و رفتار گونه های حیات وحش تاثیرگذار می باشد (Halfwerk *et al.*, 2011) به عنوان مثال، همزمانی آواز پرندگان با ساعات پر ترافیک ممکن است اختلالاتی در جذب جفت و دفاع از قلمرو ایجاد نماید (Raynor *et a1.*, 2017). معمولا جانورانی که در مناطق پر سر و صدا زندگی می کنند با سیگنال ها و رفتار های علامت دهی ارتباط با یکدیگر برای غلبه بر تأثیرات شدت صوت سازگاری می یابند. با این حال، اگر صوت ناشی از فعالیت های انسانی از نظر فرکانس، دامنه، یا الگوهای روزانه / فصلی بیشتر از حد مجاز باشد، سازگاری جانوران ممکن هست تحت تاثیر قرار گیرد.

علاوه بر آن، توسعه منابع آلودگی صوتی ناشی از فعالیت های انسانی، موجب شده که جانوران برای سازگاری با تغییرات شدید در محیط محدودیت هایی داشته باشند. آلودگی های صوتی می توانند تاثیراتی شامل آسیب به سیستم شنوایی، اختلال در فعالیت های زادآوری و بقاء، استرس های مزمن، اختلالات فیزیولوژیکی و کاهش جمعیت گونه های حیات وحش داشته باشند (Halfwerk *et al.*, 2011; Keyel *et al.*, 2017). البته، شدت اثر آلودگی صوتی علاوه بر حساسیت شنوایی به شرایط محیطی و زیستگاهی ، موقعیت توپوگرافی، پارامترهای هواشناسی و نوع کاربری منطقه نیز بستگی دارد که می تواند در ساعات، روزها و فصول مختلف متفاوت باشد (Slabbekoorn Madadi *et al.*, 2014; *et al.*, 2007). با افزایش آگاهی ها در خصوص تهدیدات زیست محیطی ناشی از آلودگی های صوتی، روش های مختلفی برای مدل سازی آلودگی صوتی بر روی اکوسیستم ها و جوامع زیستی در حال توسعه می باشند. مدل های توزیع و انتشار آلودگی صوتی بوسیله ارزیابی شدت صوت و پیش بینی شدت تراز آلودگی صوتی و ارزیابی میزان انتشار آن می تواند در درک بهتر و پیش بینی نحوه تاثیر آلودگی صوتی بر گونه ها و اکوسیستم ها مؤثر باشد (Madadi *et al.*, 2014). با این وجود، مدل های کمی در خصوص آسیب پذیری جمعیت های حیات وحش ناشی از منابع آلودگی صوتی توسعه یافته است (Benítez-López *et al.*, 2010). مدل SPreAD-GIS یکی از مدل های رایگان و هدفمند با سهولت و کارایی بالا برای شبیه سازی انتشار صوت در اکوسیستم های طبیعی است (Reed *et al.*, 2012). بنابراین، بکارگیری مدل سازی می تواند نگرش های

جدیدی را برای تصمیم های مدیریتی برای کاهش اثرات بالقوه آلودگی صوتی بر روی جمعیت های حیات وحش ارائه نماید (Keyel *et al.*, 2017). پناهگاه حیات وحش خارک بدلیل موقعیت شکننده ناشی از جزیره ای بودن، تحت تاثیر دخالت ها و تعارضات انسانی مانند فعالیت های نظامی، توسعه صنایع نفت و گاز، تردد کشتی ها و توسعه منابع شهری قرار گرفته است که همپوشانی زیستگاهی محیط شهری و صنعتی خارک با پناهگاه حیات وحش می توانند تاثیرات زیادی بر روی فون این پناهگاه بگذارند. لذا انجام مطالعه ارزیابی و مدلسازی آلودگی صوتی می تواند در شناسایی توزیع مکانی - زمانی پراکنش، دامنه انتشار و شدت منابع آلودگی صوتی کمک نموده و تاثیر آن بر وضعیت جمعیت ها و زیستگاه های گونه های شاخص پناهگاه حیات وحش خارک را نشان دهد. علاوه بر آن، می تواند کاربرد بسیار مهمی در حفاظت و مدیریت محیط شهری و زیست مندان شاخص و منحصر بفرد وابسته و تاثیرپذیر داشته باشد تا با برنامه ریزی و طرح ریزی مناسب، فعالیت های توسعه شهری در چهارچوب ظرفیت قابل تحمل این اکوسیستم حساس جزیره ای صورت گیرد.

۲. مواد و روش ها

۲-۱. منطقه مورد مطالعه

پناهگاه حیات وحش خارک شامل دو جزیره خارک و خارکو با مساحت ۲۰۸۲ هکتار می باشد. جزیره خارک در شمال خلیج فارس در جنوب استان بوشهر در فاصله ۵۷ کیلومتری شمال غرب بندر بوشهر واقع شده است. طول جزیره ۹ کیلومتر و عرض تقریبی آن ۵/۳ کیلومتر و حداکثر ارتفاع از سطح دریا در آن ۸۵ متر می باشد. این جزیره ۳۵ کیلومتر مربع وسعت دارد (گزارش منتشر نشده، اداره کل محیط زیست استان بوشهر). جزیره خارکو نیز از جزیره های کوچک ایرانی در خلیج فارس با درازای ۸ کیلومتر و پهنای تقریبی ۴۰۰ مترتشکیل شده و در فاصله ۵ کیلومتری از جزیره خارک قرار دارد.

۲-۲. روش کار

برای مدل سازی پراکنش و بررسی شدت آلودگی صوتی ابتدا پراکندگی منابع شهری و صنعتی موجود در پناهگاه حیات وحش خارک شامل تاسیسات، شناورها، پالایشگاه های نفتی، مناطق مسکونی، مناطق نظامی و فرودگاه شناسایی و مشخص گردید. در مرحله بعد برای اندازه گیری میزان شدت صوت در بخش خشکی از دستگاه صدا سنج (مدلTesto 816) استفاده شد. بر اساس استاندارد صوت ایزو ۱۹۹۶ به منظور جلوگیری از اثر ساختمانها و دیواره های بتن ها که باعث انعکاس صوت می شوند، اندازه گیری به دور از آنها انجام گرفته است. از سوی دیگر بر اساس استاندارد تعریف شده در راهنمای استفاده از مدل SPreAD-GIS، اندازه گیری ها در فاصله ۱۵ متری از منابع انجام و از نرم افزار ArcGIS برای مدل سازی پراکنش صوت استفاده شده است (Reed *et al.*, 2010). مدت زمان سنجش صدا (۱۰دقیقه) با چند تکرار در دو فصل زمستان و بهار در زمان صبح بین ساعات ۱۰ تا ۱۲ ظهر و بعد از ظهر ها در ساعات ۱۷ تا ۱۹ صورت گرفته است. از آنجا که آهو (*Gazella subgutturosa*) گونه حیات وحش شاخص و بومی منطقه و پرستوهای دریائی تیره (*Chlidonias hybridus*)، پرستو دریائی پشت دودی (*Onychoprion anaethetus*)، لاک پشت دریائی

منقارعقابی (*Eretmochelys imbricate*) و لاک پشت دریائی سبز (*Chelonia mydas*) مهاجر می باشند و برای فصل زادآوری در بهار وارد پناهگاه حیات وحش می گردند لذا برای پوشش فصلی منطقه مورد مطالعه، اندازه گیری درکلیه فصول از زمستان سال ۱۳۹۷ تا پاییز سال ۱۳۹۸ انجام شد تا اثر شدت صوت در حضور و پراکنش گونه بومی آهو در چهار فصل و دیگر گونه های شاخص پرستوهای دریایی و لاک پشت های دریایی در زمان های حضور در منطقه بدلیل مهاجرت تعیین شود. برای اجرای کار، لایه های اطلاعات مکانی شامل نقشه نقاط حضورگونه های آهو، پرستوهای دریایی و لاک پشت های دریایی، نقشه کاربری اراضی، مدل رقومی ارتفاع و داده های هواشناسی تهیه و وارد سامانه اطلاعات جغرافیایی شد (Reed *et al.*, 2010).

۲-۳. نقشه نقاط حضورگونه های آهو، پرستوهای دریایی و لاک پشت های دریایی

برای تهیه نقشه نقاط حضور گونه های فوق الذکر، جزیره در دو فصل زمستان و بهار با فعالیت میدانی مورد پایش قرار گرفت تا ضمن قطعیت یافتن حضور گونه ها در این منطقه، مشاهدات و مستندات لازم تهیه شود. علاوه بر مشاهدات میدانی، گزارشات مردم محلی و محیط بانان نیز برای راستی آزمایی مورد استفاده قرار گرفت.

۲-۴. مدل رقومی ارتفاع

با توجه به این که موقعیت توپوگرافی منطقه در انتشار آلودگی صوتی تأثیرگذار می باشد لذا از مدل رقومی ارتفاع در ساختار رستری جهت معرفی به مدل استفاده شد. این داده براساس مرز پناهگاه حیات وحش خارک با مدل رقومی ارتفاع GdemAster با اندازه تفکیک مکانی ۳۰ متر، تهیه شد.

۲-۵. نقشه کاربری اراضی

کاربری اراضی از عوامل تعیین کننده صدای زمینه می باشد. لذا تعیین میزان صدای زمینه برای تعیین مقدار تاثیرگذاری منبع آلاینده صوتی و مدل سازی نقش دارد.

۲-۶. داده های هواشناسی

با مراجعه به اداره کل هواشناسی استان بوشهر، داده های هواشناسی شامل میانگین دمای هوا به درجه فارنهایت، میانگین رطوبت نسبی به درصد، میانگین جهت باد غالب به درجه و میانگین سرعت باد برحسب مایل بر ساعت تهیه شد.

۲-۷. مدل SPreAD-GIS

مدل SPreAD-GIS شکل توسعه یافته مدل SPreAD می باشد (Reed *et al.*, 2009) که برای مدلسازی انتشار صوت در اکوسیستم های طبیعی به صورت یک افزونه در محیط GIS طراحی شده است. این مدل ساده و کارا با در اختیار قرار دادن امکاناتی نظیر تعیین ویژگی های منابع صوتی، فیزیکی و اکولوژیکی منطقه می تواند در فرکانس های مختلفی نحوه انتشار صدا را شبیه سازی کند. در مرحله بعد نتایج حاصل از اجرای مدل براساس سناریوهای مختلف زمانی (دو فصل بهار و زمستان) و مکانی (محدوده پناهگاه حیات وحش) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. بعد از این که اطلاعات و داده های مورد نیاز جمع آوری شد، با استفاده از مدل SPreAD-GIS، مدل سازی به شرح ذیل انجام شد (توسعه داده شده از Reed *et al.*, 2010; Madadi *et al.*, 2014)

درابتدا داده های هواشناسی، داده های حضور در زیستگاه آهو، پرستوهای دریایی، لاکپشت های دریایی و همچنین داده فاصله نقاط حضور از منابع آلودگی صوتی آنها تهیه شد. برای به دست آوردن موقعیت جغرافیایی حضور گونه ها از برنامه Google Earth استفاده شد و داده های اندازه گیری منابع آلودگی صوتی در برنامه اکسل وارد و در مرحله بعد با استفاده از مدل SPreAD-GISنقشه پراکنش شدت صوت تهیه شد.

۲-۸. روش آماری

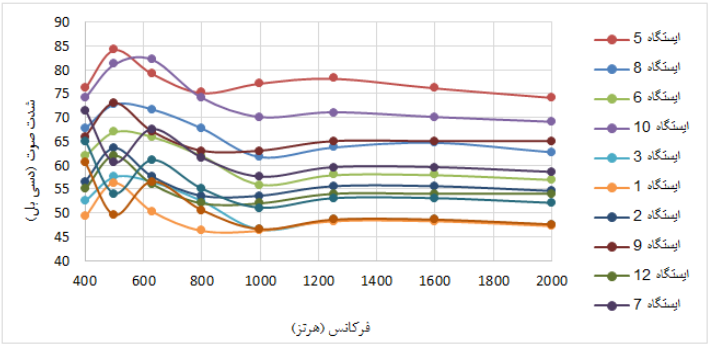
برای پردازش آماری داده ها از نرم افزار R درسطح خطای ۵٪ استفاده شد. پس از اطمینان از توزیع نرمال داده ها با کمک پلات Q-Q و برای تعیین اثر پارامترهای انتخاب زیستگاه به عنوان متغیرهای مستقل (شامل ماه مطالعه، دمای هوا، رطوبت نسبی، سرعت باد، جهت باد، میزان شدت صوت (به صورت لگاریتمی)، نوع کاربری اراضی، متوسط فاصله گونه از منبع صوت) درحضور یا عدم حضورگونه ها (متغیر وابسته) در منطقه از مدل GLM باتوزیع دو جمله ای منفی استفاده شد. در ابتدا مدل با همه متغیرهای مستقل فوق الذکر اجرا گردید و سپس مرحله به مرحله، متغیرهایی که کمترین تاثیر معنی دار را درحضور/عدم حضورگونه ها داشتند حذف شدند تا در مدل نهایی متغیرهای معنی دار درحضور/عدم حضور گونه ها مشخص شوند.

۳. نتایج

۳-۱. پراکندگی انتشارصوت ناشی از منابع آلودگی و زیستگاه گونه ها

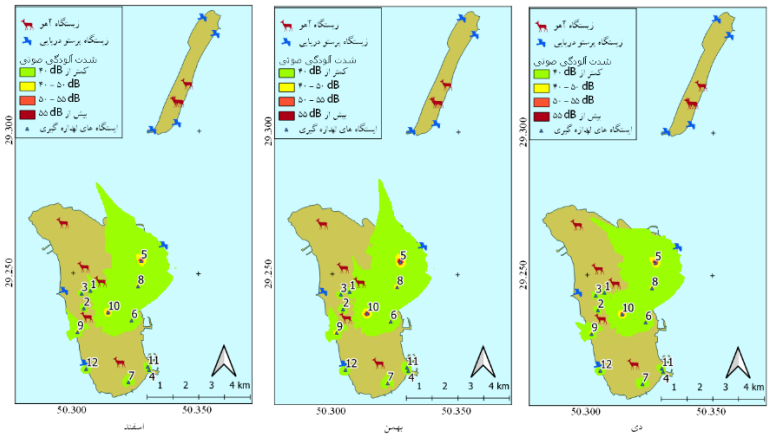
دامنه فرکانس ها و شدت صوت در ایستگاه های اندازه گیری در شکل ۱ ارائه شده است. محدوده انتشار منابع آلودگی صوتی ناشی از منابع شهری و صنعتی و زیستگاه گونه ها، در پناهگاه حیات وحش خارک در قالب شکل های ۲ تا ۵ ارائه شده است. مطابق شکل ۲، بیشترین میزان تراز شدت صوت در فصل زمستان برای آهو و پرستوهای دریایی در محدوده فرودگاه در شرق جزیره خارک و سپس در محدوده بلوار دولت در بخش مرکزی جزیره دیده می شود. در بخش غربی جزیره نیز آلودگی صوت تا حدودی قابل مشاهده است. در بهمن ماه بیشترین تراز شدت صوت حدود ۷۴ دسی بل در محدوده فرودگاه می باشد. زیستگاه پرستوهای دریایی در شرق فرودگاه، نزدیکترین زیستگاه جانوری می باشد که در فاصله یک کیلومتری از حداکثر تراز شدت صوت قرار دارد. مطابق شکل ۳ در فصل بهار نیز محدوده فرودگاه و بلوار دولت دارای بیشترین میزان تراز شدت صوت بوده و بیشترین مقدار تراز شدت صوت به میزان ۷۳/۳ دسی بل در اردیبهشت ماه در محدوده فرودگاه می باشد. زیستگاه مشترک لاکپشت های دریایی و پرستوهای دریایی در بخش جنوب غربی جزیره در نزدیکی تصفیه خانه فاضلاب بوده که حداکثر ۵۳/۲ دسی بل تراز شدت صوت در اردیبهشت ماه را تحمل می نماید. مطابق شکل ۴ در مرداد ماه بیشترین تراز شدت صوت برای آهو و لاکپشت های دریایی در محدوده فرودگاه به میزان ۷۱/۸ دسی بل مشاهده می شود. زیستگاه لاکپشت های دریایی در جنوب غربی جزیره در فاصله تقریبی ۳۰۰ متری از تصفیه خانه فاضلاب به عنوان نزدیکترین فاصله زیستگاهی به منابع آلاینده صوتی می باشد. در این فاصله تراز متوسط صوت ناشی از تصفیه خانه فاضلاب در حدود ۵۰ دسی بل می باشد. مطابق شکل ۵ در فصل پاییز، متوسط بیشترین تراز شدت صوت برای آهو همانند

فصول دیگر در محدوده فرودگاه و بلوار دولت دیده می شود. با توجه به توزیع مکانی گونه آهو در جزیره، این گونه در محدوده های تراز شدت صوت بالا و در نزدیکی منابع صوتی مورد بررسی مشاهده نمی شود.

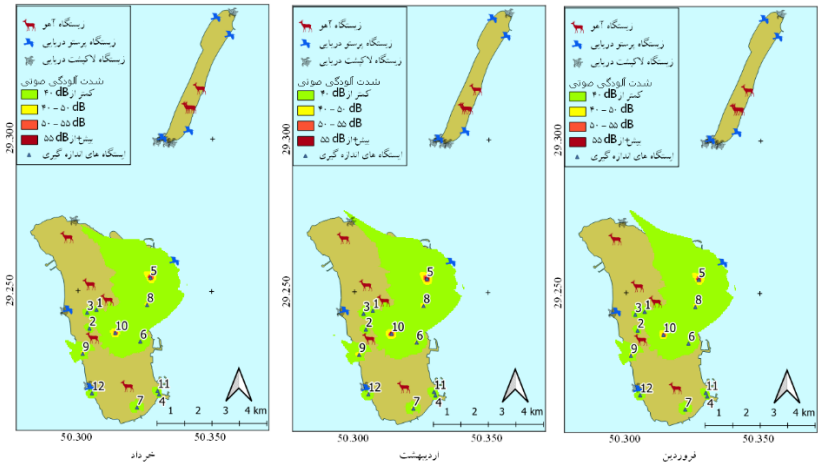


شماره ایستگاه	طول شرقی	عرض شمالی	شماره ایستگاه	طول شرقی	عرض شمالی	شماره ایستگاه	طول شرقی	عرض شمالی	شماره ایستگاه	طول شرقی	عرض شمالی
۱	۵۰/۳۳°	۲۹/۲۵°	۴	۵۰/۳۱°	۲۹/۲۴°	۷	۵۰/۳۰°	۲۹/۲۴°	۱۰	۵۰/۳۲°	۲۹/۲۱°
۲	۵۰/۳۳°	۲۹/۲۵°	۵	۵۰/۳۰°	۲۹/۲۴°	۸	۵۰/۳۰°	۲۹/۲۳°	۱۱	۵۰/۳۳°	۲۹/۲۲°
۳	۵۰/۳۲°	۲۹/۲۳°	۶	۵۰/۳۱°	۲۹/۲۴°	۹	۵۰/۳۱°	۲۹/۲۲°	۱۲	۵۰/۳۳°	۲۹/۲۴°

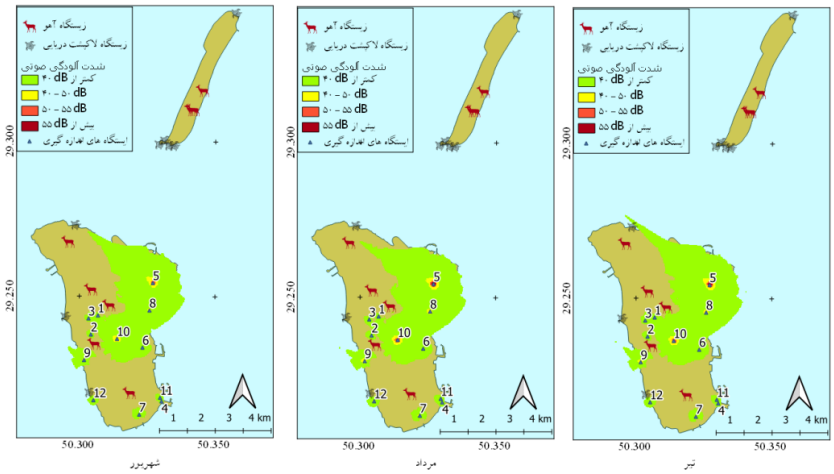
شکل۱- دامنه فرکانس ها و شدت صوت در ایستگاه های اندازه گیری مختلف



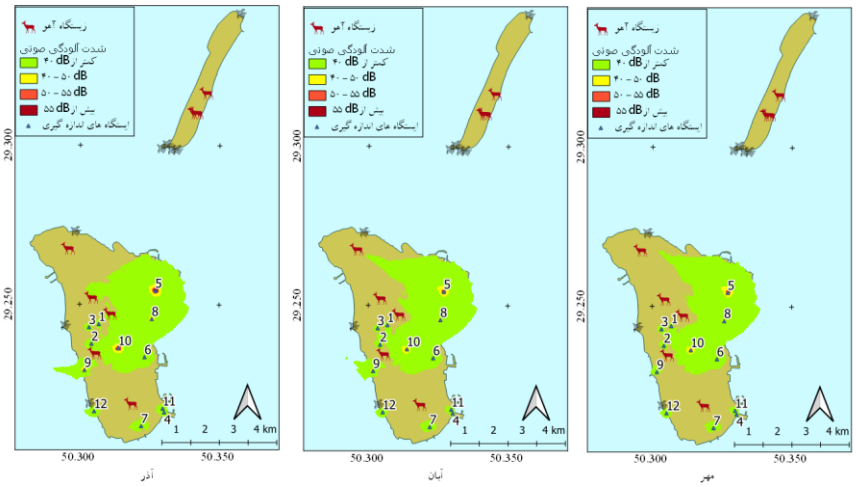
شکل۲- محدوده انتشار صوت منابع آلودگی صوتی و نقاط حضور گونه آهو و پرستودریایی(پشت تیره ودودی) در زمستان۹۷



شکل۳- محدوده انتشارصوت منابع آلودگی صوتی و نقاط حضور گونه آهو، پرستوهای دریایی(پشت تیره ودودی) ، لاکپشت های دریایی(منقارعقابی و سبز) در بهار ۹۸ در پناهگاه حیات وحش خارک



شکل۴- محدوده انتشارصوت منابع آلودگی صوتی و نقاط حضور گونه آهو و لاکپشت های دریایی(منقارعقابی و سبز) در تابستان ۹۸



شکل۵- محدوده انتشار صوت منابع آلودگی صوتی و نقاط حضور گونه آهو در پاییز ۹۸

۳-۲. پارامترهای موثر محیطی وصوتی بر حضور یا عدم حضور گونه آهو

نتایج آماری مربوط به مدل نهایی اثر پارامترهای محیطی و صوتی بر حضور یا عدم حضور آهو در جدول ۱ ارائه شده است. متوسط سرعت باد در سال در منطقه ۲/۶۹ مایل بر ساعت (دامنه تغییرات ۵/۳ – ۱/۳۱) و متوسط شدت صوت در سال ۷۱/۶۴ دسیبل (دامنه تغییرات ۸۹/۱ – ۶۰/۲۵) اندازه گیری شده است. آزمون همبستگی پیرسون نشان داد که همبستگی معنی داری بین سرعت باد و شدت صوت نیز وجود نداشت که اثر مخدوشگری بر نتایج ایجاد نماید (p-value= ۰/۴۶۵ , t=-۰/۷۵۸ , df=۱۰ , ۰/۲۳۳- =Estimate).

۳-۳. پارامترهای موثر محیطی وصوتی بر حضور یا عدم حضور پرستوهای دریایی(پشت تیره ودودی)

نتایج آماری مربوط به مدل نهایی اثر پارامترهای محیطی و صوتی بر حضور یا عدم حضور پرستوهای دریایی (پشت تیره ودودی) درجدول ۲ ارائه شده است.

جدول۱- مدل نهایی اثر پارامترهای موثر محیطی و صوتی بر حضور یا عدم حضور گونه آهو

پارامترها	Estimate	خطای استاندارد	t-value	p-value
intercept	-۱۳۸/۶۹۴	۲۷/۴۱۹	-۵/۰۵۸	۰/۰۰۳
ماه های سال	۸/۷۴۱	۰/۴۱۲	۲۱/۲۰۸	۰/۰۰۰
دمای هوا	-۰/۵۱۲	۰/۱۱۰	-۴/۶۲۳	۰/۰۰۵
سرعت باد	-۰/۹۷۳	۰/۳۵۴	-۲/۷۴۹	۰/۰۴۰
میزان صوت	-۳/۶۴۵	۰/۹۸۴	-۳/۷۰۳	۰/۰۱۳
متوسط فاصله آهو از منبع صوت	۱۹۱/۹۳۴	۱۵/۸۲۹	۱۲/۱۲۵	۰/۰۰۰

جدول۲- مدل نهایی پارامترهای موثر محیطی وصوتی بر حضور یا عدم حضور گونه های پرستوهای دریایی (پشت تیره و دودی)

پارامترها	Estimate	خطای استاندارد	t-value	p-value
intercept	-۷۶۹/۰۶۰	۲۴/۸۹۰	-۳۰/۸۹۸	۰/۰۰۰
ماه های سال	۲۷/۴۳۹	۰/۶۴۷	۴۲/۳۵۴	۰/۰۰۰
میزان صوت	-۱/۱۵۷	۰/۲۰۶	-۵/۶۰۲	۰/۰۰۲
میزان صوت	۵۲۳/۶۹۳	۱۸/۱۵۳	۲۸/۸۴۸	۰/۰۰۰
کاربری اراضی علفزار و گراس	-۲۶/۷۹۸	۴/۲۰۵	-۶/۳۷۲	۰/۰۰۱
کاربری اراضی توسعه یافته شهری	۸۰/۳۸۴	۴/۸۶۵	۱۶/۵۲۲	۰/۰۰۰
متوسط فاصله پرستو دریایی از منبع صوت	- ۱۰۹/۳۸۳	۳/۷۵۵	-۲۹/۱۳۳	۰/۰۰۰

۳-۴. پارامترهای موثر محیطی وصوتی بر حضور یا عدم حضور لاکپشت های دریایی (منقار عقابی و سبز)

نتایج آماری مربوط به مدل اولیه و نهایی اثر پارامترهای محیطی و صوتی بر حضور یا عدم حضور گونه های لاکپشت های دریایی (منقارعقابی وسبز) در فصولی که به عنوان گونه های مهاجر در منطقه استقرار دارند درجدول ۳ ارائه شده است.

جدول ۳- مدل نهایی پارامترهای موثر محیطی و صوتی بر حضور یا عدم حضور گونه های لاکپشت های دریایی (منقارعقابی و سبز)

پارامترها	Estimate	خطای استاندارد	t-value	p-value
intercept	-۹۱۵/۶۲۹	۲۷/۹۱۵	-۳۲/۸۰۰	۰/۰۰۰
ماه های سال	۲۴/۸۹۱	۰/۴۵۶	۵۴/۵۱۳	۰/۰۰۰
میزان صوت	۵۰۷/۹۸۷	۱۵/۵۶۴	۳۲/۶۳۸	۰/۰۰۰
کاربری اراضی علفزار و گراس	-۱۰/۷۴۱	۱/۵۳۹	-۶/۹۷۶	۰/۰۰۰
کاربری اراضی توسعه یافته شهری	۱۱۰/۸۶۶	۳/۱۵۳	۳۵/۱۵۳	۰/۰۰۰
متوسط فاصله لاک پشت های دریایی از منبع صوت	-۶۵/۰۲۳	۱/۲۰۷	-۵۳/۸۴۴	۰/۰۰۰

۴. بحث و نتیجه گیری

با توجه به پهنه بندی صوت ناشی از منابع انسانی در جزیره خارک، انتخاب زیستگاه گونه های پرستوهای دریایی و لاکپشت های دریایی به دلیل مهاجر بودن تنها در محدوده های ساحلی در دو فصل زمستان و بهار و در دو بخش غربی و شرقی جزیره خارک بود ه است. در بخش غربی آلودگی صوتی به مراتب کمتر مشاهده می شود که می تواند یکی از دلایل حضور و توزیع بیشتر پرستوهای دریایی در این بخش باشد. لاکپشت های دریایی در دو فصل بهار و تابستان در جزیره خارک در بخش های شمالی و نوار ساحلی غربی جزیره مشاهده می شوند. ظاهرا لاکپشت های دریایی در مقایسه با پرستوهای دریایی از منابع آلاینده صوتی بیشتر دوری می نمایند. گونه آهو در تمام فصول در جزیره حضور دارد و انتخاب زیستگاه آن با پرهیز از منابع صوتی نشان دهنده سازگاری ناشی از جزیره ای شدن می باشد. نتایج آماری در مدل نهایی نشان داد که از زمستان ۹۷ تا پاییز ۹۸، حضور آهوان، پرستوهای دریایی و لاک پشت های دریایی افزایش معنی داری پیدا می کنند زیرا شرایط آب و هوایی مناسب تر می شود. افزایش دمای هوا موجب شد که حضور آهوان در مجاورت منابع صوت کاهش معنی داری داشته باشند زیرا دما یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر پراکنش آهو می باشد (Karami *et al.*, 2016). با افزایش سرعت باد، حضور آهوان کاهش معنی داری داشت. زیرا افزایش سرعت باد موجب پخش بوی گونه آهو و افزایش احتمال شکار آن می شود. لذا آهو برای کاهش خطر در مواقعی که سرعت باد افزایش می یابد فعالیت خود را کاهش می دهد. دلیل دوم آن است که در فصول گرم با تشدید بادهای گرم و سوزان و در فصول سرد با تشدید بادهای سرد، فعالیت آهوان در منطقه کاهش می یابد. دلیل سوم احتمالی آن است که در جزیره خارک از منابع تولید کننده صوت مانند پالایشگاه های نفت و گاز، احتمال نشت گاز وجود دارد که افزایش سرعت باد ممکن است موجب انتشار هرچه بیشتر بوی گاز شده که می تواند عاملی برای کاهش فعالیت آهوان شود. افزایش شدت صوت موجب شد حضور آهوان، پرستوهای دریایی و لاک پشت های دریایی افزایش معنی داری داشته باشند که برخلاف انتظار پیش بینی شده بوده است. به هر حال ممکن هست مقدار صوت ناشی از منبع تولید کننده صوت درحد بالا نبوده باشد (دامنه تغییرات ۶۰/۲۵ تا ۸۹/۱ دسیبل). مطالعات میدانی نشان داد که جمعیت های حیات وحش به آلودگی صوتی بالاتر از ۴۰ دسیبل واکنش نشان می دهند (Ghadirian *et al.*, 2019; Ortiz-Urbina *et al.*, 2020). این حد به عنوان آستانه عمومی صوت برای گونه های حیات وحش از جمله آهو متداول می باشد (Barber *et al.*, 2009; Shannon *et al.*, 2016). این حد آستانه برای لاک پشت ها و پرستوهای دریایی در دسترس نمی باشد اما مطالعات مشابه، حد آستانه قابل تحمل شنوایی را در خانواده لاک پشت ها (Magyar aus Budapest, 2009) و در پرندگان دریایی (Maxwell *et al.*, 2016) تا ۵۰ دسیبل بیان نموده اند. لذا مناطق دارای آرامش نسبی صوتی برای گونه ها بودند. مطالعه Madadi و همکاران در سال ۲۰۱۴ در خصوص مدلسازی انتشار آلودگی صوتی ناشی از کنارگذر غرب اصفهان در پناهگاه حیات وحش قمیشلو با استفاده از مدل SPreAD-GIS نشان داد که در مناطقی که میزان

شدت صوت کمتر از ۲۰ دسی بل است گونه های جانوری واکنشی نشان نداده و منطقه آرامش گونه ها بوده اما در مناطقی که شدت صوت بیشتر بوده منطقه "تنش و واکنش " گونه ها محسوب می شود.

با افزایش فاصله از منابع صوتی، حضور آهوان، پرستوهای دریایی و لاک پشت های دریایی کاهش معنی داری یافت. در حالیکه انتظار می رفت با افزایش فاصله منبع تولید کننده صوت از منطقه، شدت صوت کاهش یافته و حضور گونه ها افزایش یابد (AASHTO, 1993). شاید در مجاورت مناطق با منابع آلودگی صوتی، امنیت بیشتری وجود داشته و افراد اجازه تردد بدون مجوز درآن نقاط را نداشتند و به همین خاطر گونه ها حضور در آن نقاط امن را علیرغم سر و صدای بیشتر ترجیح دادند و با افزایش فاصله از منبع صوتی، حضور گونه ها کاهش یافت. طی مطالعه Halfwerk و همکاران در سال ۲۰۱۱، میزان تراز آلودگی صوتی و تاثیر منفی آن بر گونه ها با فاصله از بزرگراه به ازای هر ۵۰۰ متر حدود ۲۰ دسیبل کاهش یافت. در محیط های پرسر و صدا، حضور طعمه خواران و نرخ طعمه خواری به واسطه افزایش خطر ریسک نابودی آنها معمولا کمتر است که ممکن است امنیت بیشتری برای سازگاری گونه ها در محیط های پر سر وصدا ایجاد شود (Clergeau *et al.*, *et al.*, 2011 ;2006 Francis). به هر حال، تاثیر شدت صوت بر گونه، افراد، زیستگاه انتخابی و حتی درجه توجه یک گونه به مشخصات فیزیکی منبع صوتی هم بستگی دارد (Rapoza *et al.*, 2015; Madadi *et al.*, 2017). علاوه بر آن، یک موج صوتی ممکن است بدون ایجاد اثر منفی برای گونه جانوری قابل شنیدن باشد (Rapoza *et al.*, 2015). لذا این تاثیرپذیری در سطح و بین گونه ها در مناطق مختلف و بسته به مسافت قابل نفوذ متفاوت بوده و نتایج متناقضی را ارائه می نماید (Gharibi *et al.*, 2015). افزایش ماهیانه رطوبت هوا (درصد متوسط ۵۹/۸۰ و دامنه تغییرات ۶۶/۵۷ – ۴۹/۶۱) موجب شد حضور آهوان و پرستوهای دریایی کاهش معنی داری داشته باشند. در مناطق ساحلی افزایش رطوبت مخصوصا درفصول گرم سال احتمالا موجب می شود که فعالیت گونه های جانوری نسبتا کاهش یابد (Xiong *et al.*, 2017). در اطراف مناطق با کاربری علفزار یا مرتع، حضور پرستوهای دریایی کاهش معنی داری داشت زیرا گونه های دریایی در سواحل ماسه ای بیشتر حضور دارند (Behrouzirad & Hosseini Taefeh, 2008).

در مقابل، در اطراف مناطق با کاربری شهری، حضور پرستوهای دریایی افزایش معنی داری داشت زیرا مناطق شهری در فاصله نزدیکی به سواحل واقع شده اند و در این مناطق احتمالا منابع غذایی بیشتری برای حضور پرستوهای دریایی وجود داشته است و بازدید میدانی نیز حضور این گونه ها را در اطراف زباله های شهری نشان داد. در اطراف مناطق با کاربری علفزار یا مرتع، حضور لاک پشت های دریایی کاهش معنی داری داشت زیرا آنها در سواحل ماسه ای حضور دارند (Mobaraki & Elmi, 2005). در اطراف مناطق با کاربری شهری و نزدیک ساحل، حضور لاک پشت های دریایی افزایش معنی داری داشت. بر اساس اطلاعات موجود، انتشار صوت ناشی از منابع آلودگی موجود در پناهگاه حیات وحش خارک بر حضور آهو، پرستودریایی پشت تیره و پشت دودی و لاکپشت های دریایی عقابی سبز تاثیرات متفاوتی داشته است. همانطور که قبلا ذکر شد، درجه حرارت بالا و رطوبت نسبی زیاد در جزیره احتمالا تاثیرات

بیشتری در حضور، پراکنش و فعالیت های رفتاری روزانه این گونه های شاخص در منطقه دارند. در فصل گرما و با توجه به دمای هوا، عمده فعالیت گونه ها ابتدای صبح و انتهای روز بوده است. سرعت و جهت باد دو عامل عمده تاثیرگذار در انتشارصوت می باشند زیرا باعث انتقال صوت به مناطق دورتر می شوند (Mann & Teilmann, 2013). معمولا شدت صوت بدون در نظر گرفتن سایر متغیرهای موثر مانند سن، جنس، تاریخچه زندگی گونه، نوع زیستگاه، فصول مختلف سال و زمان فعالیت گونه، موفقیت زادآوری، تراکم و بقاء جمعیت، استرس های فیزیولوژیک و ... می تواند اثرات نامتمایز و غیر مستقیمی در حضور و رفتار گونه های جانوری داشته باشد و نتایج متناقضی ارائه دهد (Moshtaghi Reed *et al.*, 2013; Ghadirian *et al.*, 2019 *et al.*, 2012;). به هر حال، در این مطالعه اثرات دیگر متغیرها در قالب مدل آماری تا حد زیادی کنترل شده و بنابراین نتایج می تواند قابل استدلال باشد. البته مکانیزم هایی که باعث واکنش های متفاوت گونه های جانوری به آلودگی صوتی می شود نیز حائز اهمیت است که ناشناخته باقی می ماند (Slabbekoorn & Ripmeester, 2008; Patricelli & Blickley, 2006). دوری گونه ها از زیستگاه های پر سر و صدا ممکن است نتیجه عدم تحمل اکولوژیکی گونه به آن نوع صوت یا عدم توانایی گونه به برقراری ارتباط موثر با نوع فعالیت های انسانی باشد (Rheindt, 2003; Habib *et al.*, 2007) که می بایست با مطالعه تکمیلی متمایز شوند. به هر حال متناسب با زیستگاه و جوامع آکوستیک، نقش صوت ناشی از دخالت های انسانی، در انتخاب زیستگاه متفاوت است. با این وجود علیرغم مطالعات کمی که انجام شده، برخی از گونه ها از مناطق پرسر و صدا پرهیز می کنند در حالیکه بعضی دیگر واکنشی نشان نداده یا در محیط های پر سر و صدا حضور بیشتری دارند (Goodwin & Shriver, 2011). به هر حال، این مطالعه نشان داد که گونه های جانوری شاخص مورد بررسی، زیستگاه های پر سر و صدا را بیشتر از زیستگاه های آرام انتخاب نمودند. گونه های دیگری مثل نوعی خفاش *Myotis myotis* و نوعی سهره *Fringilla coelebs*، نیز بدلیل تشابه فرکانس صوت با طعمه های خود، سر و صدا را به عنوان عاملی در ترجیح زیستگاه انتخاب نموده اند (Quinn *et al.*, 2006; Schaub *et al.*, 2009). فراوانی بیشتر لاک پشت های سبز نیز در مناطقی با سطوح بالاتر صوت گزارش شده است (Papale *et al.*, 2020). فراوانی و قابلیت تولید در گونه های پرندگانی مانند *Turdus migratorius*، *Thryothorus ludovicianus*، *Bombycilla cedrorum* و *Hylocichla mustelina* با افزایش سطوح متوسط صوت روندی افزایشی داشت (Ng *et al.*, 2020) که مشابه آن نتایج، نتیجه این تحقیق نیز شگفت انگیز بوده و ضرورت مطالعات تکمیلی بیشتر را نشان می دهد تا مکانیزم های موثر در استقرار گونه ها در مناطق پر سر و صدا مشخص شود. بر اساس نقشه های پهنه بندی صوت و موقعیت زیستگاه های جانوری مورد مطالعه، اختصاص یافتن تقریبا یک پنجم از مجموع مساحت جزیره (۲۰۰۰ هکتاری) به زیست گونه های حیات وحش آبی و خشکی در یک منطقه کاملا صنعتی نشان دهنده شرایط مطلوب زیستگاهی منطقه است. البته محدودیت هایی نظیر تعداد نقاط حضور و عدم آگاهی از رفتار صوتی گونه ها نیز احتمالا در نتایج تاثیر

گذار می باشد که لازم است بررسی های بیشتری صورت گیرد (Hefner & Hefner, 2010). به هر حال، نتایج این مطالعه می تواند کاربردهای مدیریتی در سطح سیمای محیط زیست طبیعی و انسانی داشته باشد.

تقدیر و تشکر

از جناب آقای مهندس مرتضی مخلوعی رئیس اداره محیط زیست جزیره خارک که در مراحل انجام این تحقیق کمک نمودند تقدیر و تشکر می شود. این مقاله مستخرج از پایان نامه کارشناسی ارشد خانم حمیده کشتکار می باشد.

References

AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials)., 1993. Guide on Evaluation and Abatement of Traffic Noise, 30p.

Barber, j.R., Crooks, K.R. and Fristrup, K.M., 2009. The costs of chronic noise exposure for terrestrial organisms. Trends in Ecology and Evolution 25, 180-189.

Behrouzi-rad, B., and Tayefeh, F., 2008. Nest Counts for Western Reef Heron *Egretta gularis* and Four Sterna species (*repressa, anaethetus, bergii, bengalensis*) on Nakhiloo Island in the Persian Gulf from 2005 to 2007. Podoces 3(1/2), 45-52.

Benítez-López, A., Alkemade, R. and Verweij, P. A., 2010. The impacts of roads and other infrastructure on mammal and bird populations: a meta-analysis. Biological Conservation 143(6), 1307-1316.

Clergeau, P., Croci, S., Jokima¨ki, J., Kaisanlahti-Jokima¨ki, M. J., and Dinetti, M., 2006. Avifauna homogenization by urbanization: Analysis at different European latitudes. Biological Conservation 127, 336–344.

Francis, C. D., Ortega, C. P., and Cruz, A., 2011. Noise pollution filters bird communities based on vocal frequency. PLoS one, 6(11).

Ghadirian, O., Moradi, H., Madadi, H., Lotfi, A., and Senn, J., 2019. Identifying noise disturbance by roads on wildlife: a case study in central Iran. SN Applied Sciences 1**,** 808.

Gharibi, S., Salmanmahiny, A., and Varaste, H., 2015. Modeling of the Relationship Between Bird Distribution, Traffic Noise and Other Environmental Variables Along Asian Highway in Golestan National Park. Environmental Research 11(6), 195-206.

Goodwin, S.E., and Shriver, W.G., 2011. Effects of traffic noise on occupancy patterns of forest birds. Conservation Biology 25, 406-411.

Habib, L., Bayne, E. M., and Boutin, S., 2007. Chronic industrial noise affects pairing success and age structure of ovenbirds Seiurus aurocapilla. Journal of applied ecology, 44(1), 176-184.

Halfwerk, W., Holleman, L. J., and Slabbekoorn, H., 2011. Negative impact of traffic noise on avian reproductive success. Journal of applied Ecology, 48(1), 210-219.

Hefner, J.H., and Hefner, E.H., 2010. The behavioral audiogram of whitetail deer (*Odocoileus virginianus*). Journal of the Acoustical Society of America 127(3), 111–114.

Ilkhani, E., Ataei, M., and Khalookakaei, R., 2017. Evaluation of environmental impact in Sangan Khaf open iron mine. Iranian Journal of Mining Engineering 11(33), 81-93.

Karami, P., Kamangar, M., Hosseini, M., 2016. Modelling of Habitat Suitability of Persian Gazella (*Gazella Subgutturosa Subgutturosa*) In Qaraviz No Hunting Area and Kermanshah Province by Using Artificial Neural Networks. Journal of Animal Research (Iranian Journal of Biology) 29(3), 340-352.

Keyel, A. C., Reed, S. E., Nuessly, K., Cinto-Meija, E., Barber, J. R., and Wittemyer, G., 2017a. Evaluating anthropogenic noise impacts on animals in natural areas. BioRxiv, 171728.

Madadi, H., Moradi, H., Fakheran, S., Jokar, M. and Makki, T., 2014. Modeling the Propagation of Noise Pollution from Isfahan's West Ringway in Ghamishloo Wildlife Refuge Using SPreAD-GIS**.** Iranian Journal of Applied Ecology, 3(9): 43-56 (In Persian).

Madadi, H., Moradi, H., Soffianian, A., Salman Mahiny, A., Senn, J., and Geneletti, D., 2017. Degradation of natural habitats by roads: Comparing land-take and noise effect zone. Environmental Impact Assessment Review. 65, 147-155. 10.1016/j.eiar.2017.05.003.

Magyar aus Budapest, T., 2009. The impact of artificial lights and anthropogenic noise on Loggerheads (*Caretta caretta*) and Green Turtles (*Chelonia mydas*), assessed at index nesting beaches in Turkey and Mexico. Phd Dissertation, Bonn university. 215p.

Mann, J., and Teilmann, J., 2013. Environmental impact of wind energy. Environ. Research Letters 8, 035001 (3pp).

Maxwell, A., Hansen, K. A., Ortiz, S. T., Larsen, O. N., Siebert, U. and Wahlberg, M., 2017. In-air hearing of the great cormorant (Phalacrocorax carbo). Biology Open 6, 496-502.

Mobaraki, A., and Elmi, A.M., 2005. First sea turtles programme in Iran. Marine Turtle Newsletter 100, 6-7.

Moshtaghi, M., Kaboli, M., Karami, M., kasmaie, Z., and Samai, Z., 2013. Study of Noise Ppollution in Wildlife Crossing Khojir National Park. Journal of Environmental Science and Technology 15(3), 13-22.

Ng, A. M. B., Pontius, M., De Ruiter, S. L., and Proppe, D. S. 2020. Noise, avian abundance, and productivity at banding stations across the Continental United States. Avian Conservation and Ecology 15(2):4.

Negahdari, H., Javadpour, S., Moattar, F., and Negahdari, H., 2018. Risk assessment of noise pollution by analyzing the level of sound loudness resulting from central traffic in Shiraz. Environmental Health Engineering and Management Journal. 5, 211-220.

Ortiz-Urbina, E., Diaz-Balteiro, L., and Iglesias-Merchan, C. 2020. Influence of anthropogenic noise for predicting Cinereous vulture nest distribution. Sustainability 12, 503.

Papale, E., Prakash, S., Singh, S., Batibasaga, A., Buscaino, G., and Piovano, S. 2020. Soundscape of green turtle foraging habitats in Fiji, South Pacific. PloS one, 15(8), e0236628.

Patricelli, G.L., and Blickley, J.L., 2006. Avian communication in urban noise: Causes and consequences of vocal adjustment. Auk 123, 639–649.

Rapoza, A., Sudderth, E., and Lewis, K., 2015. The relationship between aircraft noise exposure and day-use visitor survey responses in backcountry areas of national parks. The Journal of the Acoustical Society of America, 138, 2090–2105.

Raynor, E., Whalen, C., Bomberger Brown, M., and Powell, L., 2017. Location matters: evaluating Greater Prairie-Chicken (*Tympanuchus cupido*) boom chorus propagation. Avian conservation and Ecology, 12(2).

Reed, S.E., Mann, J.P., and Boggs, J.L., 2009. SPreAD-GIS: an ArcGIS toolbox for modeling the propagation of engine noise in a wildland setting. Version 1.2. The Wilderness Society, San Francisco, CA.

Reed, S.E., Boggs, J.L. and Mann, J.P., 2010. SPreAD-GIS: an ArcGIS toolbox for modeling the propagation of engine noise in a wildland setting. Wilderness Society, San Francisco, California, USA.

Reed, S.E., Boggs, J.L., and Mann, J.P., 2012. A GIS tool for modeling anthropogenic noise propagation in natural ecosystems. Environmental Modelling & Software 37, 1–5.

Rheindt, F.E., 2003. The impact of roads on birds: Does song frequency play a role in determining susceptibility to noise pollution? Journal of Ornithology 144, 295–306.

Schaub, A., Ostwald, J., and Siemers, B.M., 2009. Foraging bats avoid noise. Journal of Experimantal Biology 211, 3174–3180.

Shannon, G., McKenna, M.F., Angeloni, L.M., Crooks, K.R., Fristrup, K.M., Brown, E., Warner, K.A., Nelson, M.D., White, C., Briggs, J., and McFarland, S., 2016. A synthesis of two decades of research documenting the effects of noise on wildlife. Biological Reviews. 91, 982-1005.

Slabbekoorn, h., yeh, p., and hunt, K., 2007. Sound transmission and song divergence: a comparison of urban and forest acoustics. The Condor 109, 67-78.

Slabbekoorn, H., and Ripmeester, E.A., 2008. Birdsong and anthropogenic noise: Implications and applications for conservation. Molecular Ecology 17, 72–83.

Quinn, J.L., Whittingham, M.J., Butler, S.J., and Cresswell, W., 2006. Noise, predation risk compensation and vigilance in the chaffinch Fringilla coelebs. Journal of Avian Biology 37, 601–608.

Xiong, Y., Meng, Q., Gao, J., Tang, X.F., and Zhang, H.F., 2017. Effects of relative humidity on animal health and welfare. Journal of Integrative Agriculture 16, 1653-1658.